



2828

17w

010110-000002.VOW.294966/////nkg//WEMMH/SB/21 (4/03)

**TRANSMITTAL  
FORM**

(to be used for all correspondence after initial filing)

Application Number	09/526,366
Filing Date	March 16, 2000
First Named Inventor	Katsuhisa Itoh
Group Art Unit	2828
Examiner Name	Armando Rodriguez
Attorney Docket Number	010110-000002

Total Number of Pages in this Submission

**ENCLOSURES (check all that apply)**

<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form	<input type="checkbox"/> Assignment Papers	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to Group
<input type="checkbox"/> Fee Attached	<input type="checkbox"/> Drawing(s)	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Amendment Response	<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Group (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> After Final	<input type="checkbox"/> To Convert a Provisional Application	<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)	<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation, Change of Correspondence Address	<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request	<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer	<input type="checkbox"/> Additional Enclosure (please identify below)
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request	<input type="checkbox"/> Small Entity Statement	<input checked="" type="checkbox"/> Return Receipt Postcard
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement	<input type="checkbox"/> Request for Corrected Filing Receipt	
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Documents; Transmittal of Priority Document	Remarks: Attaching Japanese priority documents: patent application numbers 11-71677 filed March 17, 1999, 11-71678 filed March 17, 1999, 11-144332 filed May 25, 1999 and 11-147812 filed May 27, 1999.	
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/ Incomplete Application		
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53		

**SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT**

Firm or Individual Name	Vincent O. Wagner
Signature	
Date	JUN 6, 2004

**Certificate of Mailing**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on this date:

Typed or printed name	Vincent O. Wagner		
Signature		Date	JUN 6, 2004



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of:

Katsuhisa Itoh

Serial No. 09/526,366

Filed March 16, 2000

A LASER DEVICE AND AN OPTICAL  
SIGNAL AMPLIFIER USING THEREOF

)  
)  
) Before the Examiner  
) Armando Rodriguez

)  
)  
) Group Art Unit 2828

**TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS**

Assistant Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Washington, D.C. 20231-1450

Sir:

Applicant encloses herewith a certified copy of the following priority documents:

Japanese patent application numbers 11-71677 filed March 17, 1999, 11-71678 filed

March 17, 1999, 11-144332 filed May 25, 1999 and 11-147812 filed May 27, 1999.

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on:

AUG 6, 2004

Date of Deposit

Vincent O. Wagner

Name of Registered Representative

Vincent O. Wagner

Signature

AUG 6, 2004

Date of Signature

Respectfully submitted,

By: Vincent O. Wagner

Vincent O. Wagner

Reg. No. 29,596

Woodard, Emhardt, Moriarty,

McNett & Henry LLP

Bank One Center/Tower

111 Monument Circle, Suite 3700

Indianapolis, Indiana 46204-5137

(317) 634-3456

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 1 9 9 9 年 3 月 1 7 日

出 願 番 号  
Application Number: 平成 1 1 年 特 許 願 第 0 7 1 6 7 7 号  
[ST. 10/C]: [J P 1 9 9 9 - 0 7 1 6 7 7]

出 願 人  
Applicant(s): 浜松ホトニクス株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 7 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 HOP0245

【提出日】 平成11年 3月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/06  
G02B 6/00

【発明の名称】 レーザ光発生装置及び光信号増幅器

【請求項の数】 3

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 ホーヤ株式会社内

【氏名】 伊東 勝久

【特許出願人】

【識別番号】 000113263

【氏名又は名称】 ホーヤ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100092152

【弁理士】

【氏名又は名称】 服部 毅巖

【電話番号】 0426-45-6644

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009874

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9116137

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ光発生装置及び光信号増幅器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ活性物質として Nd イオンを含む石英系光ファイバのレーザ活性物に励起光を供給することによってレーザ光を発生させるレーザ光発生装置において、

前記レーザ活性物質と前記レーザ活性物質を覆う外周部とを有する光ファイバと、

前記励起光の波長における屈折率が前記外周部と略等しい流動性媒質と、

内部を前記流動性媒質で満たし、前記光ファイバの少なくとも一部を納め、前記励起光を内部に閉じ込める励起光反射部と、

前記励起光反射部に前記励起光を導入する励起光導入部と、  
を有し、

前記励起光反射部が前記流動性媒質の流路の一部を形成していることを特徴とするレーザ光発生装置。

【請求項 2】 前記流動性媒質は、前記光ファイバ及び前記励起光導入部を冷却する冷却媒質であることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ光発生装置。

【請求項 3】 レーザ活性物質として Nd イオンを含む石英系光ファイバのレーザ活性物質に励起光を供給することによって信号光を増幅する光信号増幅器において、

前記レーザ活性物質と前記レーザ活性物質を覆う外周部とを有する光ファイバと、

前記励起光の波長における屈折率が前記外周部と略等しい流動性媒質と、

内部を前記流動性媒質で満たし、前記光ファイバの少なくとも一部を納め、前記励起光を内部に閉じ込める励起光反射部と、

前記励起光反射部に前記励起光を導入する励起光導入部とを有し、

前記励起光反射部が前記流動性媒質の流路の一部を形成していることを特徴とする光信号増幅器。

【発明の詳細な説明】

**【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

本発明はレーザ光発生装置及び光信号増幅器に関し、特にレーザファイバのレーザ活性物質に励起光を供給することにより、レーザ光を発生するレーザ光発生装置及び光信号を増幅する光信号増幅器に関する。

**【0 0 0 2】****【従来の技術】**

近年、光通信または光加工技術分野において、安価で高出力のレーザ光発生装置の実用化が望まれている。

**【0 0 0 3】**

そのような中、光ファイバレーザ発振器または光導波路型レーザ発振器は、コア径及びコアとクラッドの屈折率差を調節して設計、作製することで容易に発振モードを単一にでき、かつ光を高密度に閉じ込めることでレーザ活性物質と光との相互作用を高め、かつ長さを長くすることで相互作用長を大きくとれるので高い効率で空間的に高品質のレーザ光を発生することができることが知られている。

**【0 0 0 4】**

ここで、レーザ光の高出力化または高効率化を実現するには、いかに光ファイバまたは光導波路のレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心添加領域（通常はコア部）に効率よく励起光を導入するかが課題となる。

**【0 0 0 5】**

しかし、通常単一モードの導波条件にコア径を設定するとその径はレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域（通常はコア部）の十数 $\mu\text{m}$ 以下に限定され、この径に効率よく励起光を導入するのは一般に困難である。

**【0 0 0 6】**

そこで、クラッド部の外側にクラッド部よりもさらに屈折率が低い透明物質で構成される第2クラッド部を設け、第2クラッド部とクラッド部の屈折率差に起因する全反射によって端面より導入された励起光を第一クラッド部及びコア部に閉じ込め、レーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域（通常は

コア部) を閉じ込められた励起光が通過するにしたがって徐々にレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心に励起光を吸収させ、高出力のレーザ光を出力する方法が知られている。これが2重クラッド型ファイバレーザである。(E. Snitzer、H. Po、F. Hakimi、R. Tumminelli、and B. C. McClum、in Optical Fiber Sensors、Vol. 2 of 1988 OSA Technical Digest Series (Optical Society of America、Washington、D. C.、1988)、paper PD5.)。

#### 【0007】

しかし、2重クラッド型ファイバレーザの場合、内部のクラッド部の断面形状が円形であるとレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域(通常はコア部) 付近を選択的に透過する励起光のみが効率よくレーザ活性物質に吸収され、そうでない部分の吸収効率が非常に低い。すなわち、モードによる吸収飽和が起こるといった問題があった。

#### 【0008】

そこで、内部のクラッド部の形状を矩形にするような工夫がおこなわれているが、一般に円形以外の断面形状のファイバを作製するのは困難であり、かつ機械的な強度にも不足しがちである。

#### 【0009】

これらの問題を解決するものとして、ファイバにおけるレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域(通常はコア部) に対し、側面から励起光を導入する光ファイバレーザ装置(特開平10-135548) 及びレーザ装置(特開平10-190097) が提案されている。

#### 【0010】

側面から励起光をレーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域(通常はコア部) に励起光を導入する場合は、通常レーザ活性イオンまたは色素その他の発光中心の添加領域(通常はコア部) の直径( $d$ ) に比べて導波路長( $L$ ) が非常に長く、 $L/d > 106$  以上もとれるので導波路の断面方向から励起光を導入する方法よりも非常に多くの励起エネルギーをファイバまたは導波路内に導入することが可能となる。

#### 【0011】

このような光ファイバレーザ装置（特開平 1 0 - 1 3 5 5 4 8）及びレーザ装置（特開平 1 0 - 1 9 0 0 9 7）では、励起光がファイバを横切る形で伝播していくため、各ファイバ間の隙間を光学的に品質が高い低損失な構成とする必要がある。そのため従来は、ファイバを光学接着剤に埋め込む構成あるいはファイバ間を熱融着させる構成等をとることにより、このような低損失な構成を実現していた。

#### 【0 0 1 2】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、光学接着剤でのファイバ間の隙間埋め込みは、有機物である光学接着剤を用いることとなるため、この光学接着剤が励起光によりダメージを受けやすく、耐光パワー性が低いという問題がある。

#### 【0 0 1 3】

一方、熱融着方法には耐光パワー性の問題はないが、一般的に難易度の高い製造工程を取らなければならないという問題がある。特に、耐光パワー性の高い石英系ファイバを用いた場合、その融着温度は 1 5 0 0℃以上にも及ぶため、製造設備が大がかりとなり、また長い製造時間を必要とすることとなる。

#### 【0 0 1 4】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、耐光パワー性が高く、製造が容易な石英系ファイバを使用したレーザ光発生装置を提供することを目的とする。

#### 【0 0 1 5】

また、本発明の他の目的は、耐光パワー性が高く、製造が容易な光信号増幅器を提供することである。

#### 【0 0 1 6】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、レーザ活性物質として N d イオンを含む石英系光ファイバのレーザ活性物に励起光を供給することによってレーザ光を発生させるレーザ光発生装置において、前記レーザ活性物質と前記レーザ活性物質を覆う外周部とを有する光ファイバと、前記励起光の波長における屈折率が前記外周部と



略等しい流動性媒質と、内部を前記流動性媒質で満たし、前記光ファイバの少なくとも一部を納め、前記励起光を内部に閉じ込める励起光反射部と、前記励起光反射部に前記励起光を導入する励起光導入部とを有し、前記励起光反射部が前記流動性媒質の流路の一部を形成していることを特徴とするレーザ光発生装置が提供される。

#### 【0 0 1 7】

ここで、光ファイバはレーザ光を発生させ、流動性媒質は各光ファイバ間の隙間を埋めながら流動し、励起光反射部は内部を流動性媒質で満たし、光ファイバの少なくとも一部を収納し、励起光を内部に閉じ込め、励起光導入部は励起光反射部に励起光を導入する。

#### 【0 0 1 8】

また、レーザ活性物質としてNdイオンを含む石英系光ファイバのレーザ活性物質に励起光を供給することによって信号光を増幅する光信号増幅器において、前記レーザ活性物質と前記レーザ活性物質を覆う外周部とを有する光ファイバと、前記励起光の波長における屈折率が前記外周部と略等しい流動性媒質と、内部を前記流動性媒質で満たし、前記光ファイバの少なくとも一部を納め、前記励起光を内部に閉じ込める励起光反射部と、前記励起光反射部に前記励起光を導入する励起光導入部とを有し、前記励起光反射部が前記流動性媒質の流路の一部を形成していることを特徴とする光信号増幅器が提供される。

#### 【0 0 1 9】

ここで、光ファイバは信号光を増幅させ、流動性媒質は各光ファイバ間の隙間を埋めながら流動し、励起光反射部は内部を流動性媒質で満たし、光ファイバの少なくとも一部を収納し、励起光を内部に閉じ込め、励起光導入部は励起光反射部に励起光を導入する。

#### 【0 0 2 0】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

まず、本発明における第1の実施の形態について説明する。

#### 【0 0 2 1】

図 1 は、第 1 の実施の形態におけるレーザ発生装置 1 の構成図である。

レーザ発生装置 1 は、レーザ光を発生する 1 本につながったレーザファイバ 2、レーザファイバ 2 の一部が収納されるファイバ収納ボックス 4、レーザファイバ 2 の一端に取り付けられる反射ミラー 5 及びファイバ収納ボックス 4 内に励起光を導入する励起光導入用ファイバ 3 により構成されている。ファイバ収納ボックス 4 には、ファイバ収納ボックス 4 内にマッチングオイル 6 を導入するマッチングオイル導入口 4 a 及びファイバ収納ボックス 4 内からマッチングオイル 6 を排出するマッチングオイル排出口 4 b が設置されており、これらによりマッチングオイル 6 の導入及び排出が行われる。

#### 【0 0 2 2】

レーザファイバ 2 はファイバ収納ボックス 4 内に収納され、その両端部をファイバ収納ボックス 4 の外部に配置する。ファイバ収納ボックス 4 の外部に配置されたレーザファイバ 2 の一端には反射ミラー 5 が取り付けられる。

#### 【0 0 2 3】

励起光導入用ファイバ 3 は、その先端がファイバ収納ボックス 4 の内部に達するように取り付けられ、その先端から励起光をファイバ収納ボックス 4 内に照射する。

#### 【0 0 2 4】

図 2 は、ファイバ収納ボックス 4 内部の様子を表した拡大断面図である。

ファイバ収納ボックス 4 の内部は、まず一面に金メッキ加工が施されることにより金メッキ層 4 c が構成されており、さらにその金メッキ層 4 c の表面には、透明フッ素樹脂による透明フッ素樹脂クラッド層 4 d が形成されている。

#### 【0 0 2 5】

ファイバ収納ボックス 4 の内部に収納されるレーザファイバ 2 は、励起光によりレーザ光を発生するドープコア 2 a 及びそれを取り囲む石英クラッド 2 b により構成されており、ドープコア 2 a を中心とし、石英クラッド 2 b を外周部とする同軸構成をとっている。そして、各レーザファイバ 2 は、流動性を有するマッチングオイル 6 によってその隙間を埋められている。

#### 【0 0 2 6】

ここで、石英クラッド 2 b 及びマッチングオイル 6 は、お互いに光の屈折率がほぼ等しいものを用い、透明フッ素樹脂クラッド層 4 d は、石英クラッド 2 b 及びマッチングオイル 6 よりも光の屈折率が小さいものを用いる。また、ドープコア 2 a は、石英クラッド 2 b よりも光の屈折率の大きいものを用いる。

#### 【0 0 2 7】

次に、図 1 及び図 2 を用いて本形態のレーザ光発生装置 1 の動作について説明する。

まず、マッチングオイル 6 の流れについて説明する。

#### 【0 0 2 8】

ポンプ等により圧力を加えられたマッチングオイル 6 は、マッチングオイル導入口 4 a からファイバ納入ボックス 4 の内部に注入される。ファイバ収納ボックス 4 の内部に注入されたマッチングオイル 6 は、ファイバ収納ボックス 4 の内部を隙間なく満たし、マッチングオイル排出口 4 b より排出される。これにより、ファイバ納入ボックス 4 の内部には、マッチングオイル 6 が常に流動した状態が作り出される。

#### 【0 0 2 9】

次に、レーザ光発生動作について説明する。

励起光導入用ファイバ 3 によりファイバ収納ボックス 4 の内部に導入された励起光は、ファイバ収納ボックス 4 内のレーザファイバ 2 及びマッチングオイル 6 を横切りながらファイバ収納ボックス 4 内部を進み、ファイバ収納ボックス 4 の内側壁に達した励起光は金メッキ層 4 c あるいは透明樹脂クラッド層 4 d で反射される。反射された励起光は同じようにファイバ収納ボックス 4 内を進み、金メッキ層 4 c あるいは透明樹脂クラッド層 4 d での反射を繰り返す。

#### 【0 0 3 0】

このとき各レーザファイバ 2 を横切る励起光の一部は、ドープコア 2 a に達し、励起光が照射されたドープコア 2 a はレーザ光を発生する。発生したレーザ光はドープコア 2 a 内を進み、レーザファイバ 2 の両端に達する。レーザファイバ 2 の両端のうち反射ミラー 5 が設置された側に達したレーザ光はそこで反射され、レーザファイバ 2 のもう一端から取り出される。

**【0 0 3 1】**

このように、本形態では、ファイバ収納ボックス 4 内にレーザファイバ 2 を収納し、それをマッチングオイル 6 で満たし、ファイバ収納ボックス 4 内部に励起光を導入し、導入された励起光はファイバ収納ボックス 4 内部で反射を繰り返しながら、レーザファイバ 2 のドープコア 2 a を励起し、レーザ光を発生させることとしたため、効率のよいレーザ光の発生を簡単な装置構成で実現することが可能となり、装置の生産コスト低減が可能となる。

**【0 0 3 2】**

また、マッチングオイル 6 を流動させながら励起光を照射することとしたため、マッチングオイルを形成する分子の一部が常に強いレーザ光で照射されることがなくなり、マッチングオイルのレーザ耐性を著しく向上させることができる。加えてレーザファイバの冷却の効果も合わせ持ち、レーザファイバの温度上昇に伴うマッチングオイルの劣化を防ぐ。

**【0 0 3 3】****【実施例 1】**

第 1 の実施の形態において、コア径  $50\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.2 の石英系ガラスファイバのコア内部に 0.2 at % の Nd<sup>3+</sup> イオンをドープした 100 m の長さのレーザファイバを  $250 \times 180 \times 30$  の直方体容器の中に詰め込み、屈折率 1.458、室温での粘性 30 poise の波長 0.5 ~ 1.4  $\mu\text{m}$  にわたって透明なマッチングオイルを流量 1 リットル／分でこの直方体容器に流すこととした。この容器は厚さ 0.5 mm の透明弗素樹脂で形成されており、その外側を金でコートしてある。この容器において、長さが 180 mm である側の側面には等間隔に横 20 列 x 縦 2 列の励起光導入用の窓が開けられ、それらの窓には、 $1.0 \times 0.3\ \text{mm}$  の矩形断面を有する長さ 1.5 m の励起光導入用ファイバ（開口数 0.2）が接続されている。励起光導入用ファイバの容器に接続されていない側の一端は、それぞれ波長 0.8  $\mu\text{m}$ 、出力 200 W のレーザダイオードと光学レンズを介し結合した。レーザファイバの一方の端面には反射率 99.9 % の反射ミラーを垂直に押し付け、もう一方の端面は破断面のままにした（反射率約 4 %）。合計 8 kW の励起光を導入し、レーザファイバ

の破断面の端面から 1. 2 kW の波長 1. 0 6  $\mu$  m のレーザ発振を確認した。

#### 【0 0 3 4】

次に、図 3 を使用して第 2 の実施の形態を説明する。

図 3 は、第 2 の実施の形態におけるレーザ光発生装置 1 0 の構成図である。

本形態のレーザ光発生装置 1 0 は、1 つながりのレーザファイバ 1 1、マッチングオイルの流れをスムーズにするセパレータ 1 2、反射ミラー 1 3、励起光を導入する励起光 LD 1 4、表面に鏡面金メッキ処理された金属基盤 1 5、マッチングオイルを金属基盤 1 5 内部に導入するマッチングオイル導入部 1 7 及びマッチングオイルを金属基盤 1 5 から排出するマッチングオイル排出部 1 6 により構成されている。

#### 【0 0 3 5】

金属基盤 1 5 の内部には円筒状の空間を設けており、レーザファイバ 1 1 は、その円筒内の外周から中心に向かう渦巻き状に配置される。そして、この渦巻きの中心に位置することとなるレーザファイバ 1 1 の端面には反射ミラー 1 3 が取り付けられ、レーザファイバ 1 1 の残りのもう一端は金属基盤 1 5 の外部に引き出される。レーザファイバ 1 1 の構成については、第 1 の実施の形態と同様であるため説明を省略する。

#### 【0 0 3 6】

金属基盤 1 5 の内部に配置されたレーザファイバ 1 1 の上には、レーザファイバ 1 1 からドープコアを除いたコア無しファイバであるセパレータ 1 2 が中心点に終端部をもたない渦巻き状に配置される。マッチングオイル導入部 1 7 から導入されるマッチングオイルは、このセパレータ 1 2 に沿って金属基盤 1 5 内部を流動し、マッチングオイル排出部 1 6 から排出される。ここで、セパレータ 1 2 の材質は、第 1 の実施の形態で説明した石英クラッドと同じであり、その光の屈折率はマッチングオイルとほぼ等しいため、セパレータ 1 2 は励起光の進行を妨げない。

#### 【0 0 3 7】

励起光 LD 1 4 は、金属基盤 1 5 内部の円筒の側面に複数配置され、この円筒内に励起光を導入する。

導入された励起光は、金属基盤 1 5 内で反射を繰り返しながら、レーザファイバ 1 1 を励起しレーザ光を発生させる。発生したレーザ光は、レーザファイバ 1 1 の両端に進み、反射ミラー 1 3 に達したレーザ光はそこで反射され、レーザファイバ 1 1 のもう一端から取り出される。

#### 【0 0 3 8】

##### 【実施例 2】

第 2 の実施の形態において、コア径  $50\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0. 2 の石英系ガラスファイバのコア内部に 0. 2 at % の Nd 3 + イオンをドープしたレーザファイバを外周  $100\text{mm}\ \phi$  の渦巻状（1 層）にして金めっきを施した金属板で構成される筐体に収めた。そして、このように配置されたレーザファイバの上に太さ  $100\ \mu\text{m}$  のコアなし（単層）石英ファイバをセパレータとして配置した。このファイバはマッチングオイルの流れをスムーズにする役割を果たす。このセパレータはレーザファイバのクラッドと同じ材質で作成されているのでマッチングオイルに浸されると光学的に同一となり、励起光の進行を何ら妨害しない。セパレータの端面付近にマッチングオイルを流すためのマッチングオイル導入部、排出口を設け、0. 1 リットル／分の割合で屈折率 1. 4 5 8 のマッチングオイルを流した。励起光はディスクの周囲に配置された発振波長  $0.8\ \mu\text{m}$  のレーザダイオードによって行い、合計で 2. 5 kW 投入した。レーザファイバの片端面は反射率 9 9 % のミラーを押し付け、もう一端面は破断面のままとした。結果、1. 0 kW の波長  $1.06\ \mu\text{m}$  帯のレーザ発振を確認できた。

#### 【0 0 3 9】

次に、図 4 を使用して第 3 の実施の形態を説明する。

図 4 は、第 3 の実施の形態におけるレーザ光発生装置 2 0 の構成図である。

レーザ光発生装置 2 0 は、1 つながりのレーザファイバ 2 1、反射ミラー 2 2、内側構成体 2 3 f、外側構成体 2 3 e、金属製筐体 2 3、マッチングオイル導入部 2 3 b、マッチングオイル排出部 2 3 a 及びマッチングオイルの流れをスムーズにするセパレートファイバ 2 3 c、2 3 d によって構成されている。

#### 【0 0 4 0】

金属製筐体 2 3 は、その内側を金メッキ処理されており、その内部に円筒形の

外側構成体 2 3 e を有している。外側構成体 2 3 e の内部には、外側構成体 2 3 よりもその底面半径の小さい円筒形の内側構成体 2 3 f が配置され、この内側構成体 2 3 f の側面と外側構成体 2 3 e の側面とに囲まれた空間の上下を金メッキ層の表面に透明フッ素樹脂層を設けた板でふさぐことにより密封される。内側構成体 2 3 f 及び外側構成体 2 3 e は共に透明フッ素樹脂により構成されており、内側構成体 2 3 f はその内側の側面に金メッキ処理が施されている。

#### 【0 0 4 1】

レーザファイバ 2 1 は、内側構成体 2 3 f の側面に複数回巻き付けられることにより内側構成体 2 3 f の側面と外側構成体 2 3 e の側面とに囲まれた空間内に配置され、その両端を金属製筐体 2 3 の外部に引き出される。金属製筐体 2 3 の外部に引き出されたレーザファイバ 2 1 の一端には反射ミラー 2 2 が取り付けられ、もう一端は破断面のまま配置される。

#### 【0 0 4 2】

内側構成体 2 3 f の側面と外側構成体 2 3 e の側面とに囲まれた空間の上部には、マッティングオイル導入部 2 3 b 及びマッティングオイル排出部 2 3 a が配置され、この空間内部にマッティングオイルを循環させる。

#### 【0 0 4 3】

また、この空間内部には複数のセパレートファイバ 2 3 c、2 3 d が配置される。各セパレートファイバ 2 3 c、2 3 d は、内側構成体 2 3 f の側面に巻き付けられたレーザファイバ 2 1 の外側に金属製筐体 2 3 の底面と垂直方向に配列される。各セパレートファイバ 2 3 c、2 3 d は、内側構成体 2 3 f の側面と外側構成体 2 3 e の側面との隙間と同じ程度の太さを有しており、それらのある一定の間隔で配置することにより、マッティングオイルの流動経路を形成する。

#### 【0 0 4 4】

複数配置されるセパレートファイバ 2 3 c、2 3 d のうちマッティングオイル導入部 2 3 b とマッティングオイル排出部 2 3 a との間に配置されるセパレートファイバ 2 3 c は、その長さを内側構成体 2 3 f 及び外側構成体 2 3 e の高さと同じとし、マッティングオイル導入部 2 3 b が接続される領域とマッティングオイル排出部 2 3 a が接続される領域とを分割する。

**【0 0 4 5】**

それ以外セパレートファイバ 2 3 d の長さはセパレートファイバ 2 3 c よりも短いものとし、それにより生じた隙間をマッシングオイルが通過することとなる。これらのセパレートファイバ 2 3 d は、その一端を内側構成体 2 3 f と外側構成体 2 3 e とに囲まれた空間の上面もしくは下面に接して配置され、1 つのセパレートファイバ 2 3 d が内側構成体 2 3 f と外側構成体 2 3 e とに囲まれた空間の上面に接して配置されているときには、その隣に配置されるセパレートファイバ 2 3 d は内側構成体 2 3 f と外側構成体 2 3 e とに囲まれた空間の下面に接して配置され、内側構成体 2 3 f と外側構成体 2 3 e とに囲まれた空間の下面に接して配置されているセパレートファイバ 2 3 d の隣に配置されるセパレートファイバ 2 3 d は、内側構成体 2 3 f と外側構成体 2 3 e とに囲まれた空間の上面に接して配置される。このようにセパレートファイバ 2 3 d を配置することにより、マッシングオイルは内側構成体 2 3 f 及び外側構成体 2 3 e の側面を上下に移動しながら流動していく。

**【0 0 4 6】**

ここで、セパレートファイバ 2 3 c、2 3 d は、第 1 の実施の形態で説明した石英クラッドと同じ材質で構成されており、マッシングオイルとも光の屈折率がほぼ等しいため、励起光の進行を妨げない。

**【0 0 4 7】**

励起光は、内側構成体 2 3 f と外側構成体 2 3 e とに囲まれた空間の上部から照射され、照射された励起光はこの空間内で反射を繰り返しながら、レーザファイバ 2 1 を励起し、それにより生じたレーザ光は、反射ミラー 2 2 が取り付けられていないレーザファイバ 2 1 の一端から取り出されることとなる。

**【0 0 4 8】****【実施例 3】**

第 3 の実施の形態において、コア径  $50\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.2 の石英系ガラスファイバのコア内部に 0.2 at % の Nd<sup>3+</sup> イオンをドープしたレーザファイバを外周  $100\text{mm}\ \phi$  の円筒の側面に 1 層巻き付けた。この円筒は透明弗素樹脂により形成されており、その内側を金メッキ加工してある



。そして、図 4 に示すように巻き付けたレーザファイバの外側に、太さ  $100\mu\text{m}$  のコアなし（単層）石英ファイバをセパレータとして配置した。このファイバはマッチングオイルの流れをスムーズにする役割を果たす。このセパレータはレーザファイバのクラッドと同じ材質で構成されており、マッチングオイルに浸されると光学的にクラッド及びマッチングオイル同一となるため、励起光の進行を何ら妨害しない。このように組み合わせた構成体の外側に内径  $100.30\text{mm}$ 、厚み  $0.5\text{mm}$  の透明弗素樹脂を配置する。その外側は割り型の内面金の鏡面を有する金属型で覆った。シリンダーの上部にはマッチングオイルを流すための導入、排出口が設けてあり、屈折率  $1.458$  のマッチングオイルを  $0.1$  リットル／分の割合で流した。励起光はディスクの周囲に配置された発振波長  $0.8\mu\text{m}$  のレーザダイオードによって行い、合計で  $2.5\text{kW}$  投入した。レーザファイバの片端面は反射率  $99\%$  のミラーを押し付け、もう一端面は破断面のままとした。結果、 $1.1\text{kW}$  の波長  $1.06\mu\text{m}$  帯のレーザ発振を確認できた。

#### 【0049】

次に、図 5 を使用して第 4 の実施の形態を説明する。

図 5 は、第 4 の実施の形態におけるレーザ光発生装置 30 の構成図である。

本形態のレーザ光発生装置 30 は、1 つながりのレーザファイバ 31、マッチングオイル導入部 32、励起光をレーザファイバ 31 に導入するレンズダクト 33 a、33 b、マッチングオイル排出部 34、反射ミラー 35、表面を透明フッ素樹脂加工された金線 37 a、37 b、及び表面を金メッキされ、さらにその表面を透明フッ素樹脂加工した金属基盤 36 により構成されている。

#### 【0050】

レーザファイバ 31 は複数箇所ですり返されながら金属基盤 36 内に平面的に配置され、金属基盤 36 内に平面状に並べられたレーザファイバ 31 の列の両端部分には、そのレーザファイバと平行に金線 37 a、37 b が配置される。

#### 【0051】

金属基盤 36 内に配置されたレーザファイバ 31 上には 2 つのレンズダクト 33 a、33 b が配置され、これらのレンズダクト 33 a、33 b を介して励起光がレーザファイバ 31 に導入される。そして、これらの金属基盤 36 内に配置さ

れたレーザファイバ 3 1、金線 3 7 a、3 7 b、レンズダクト 3 3 a、3 3 b は、表面を金メッキ処理され、さらにその表面を透明フッ素樹脂加工した板を金属基盤 3 6 にかぶせることにより、金属基盤 3 6 内に収納される。この際、金線 3 7 a、3 7 b が配置されていることにより、金属基盤 3 6 内に配置されたレーザファイバ 3 1 の列は、金線 3 7 a、3 7 b、金属基盤 3 6 及び表面を金メッキ処理され、さらにその表面を透明フッ素樹脂加工した板により、その周囲を囲まれ、マッティングオイル導入部 3 2 及びマッティング排出部 3 4 以外の部分を密封されることとなる。

#### 【0 0 5 2】

マッティングオイル導入部 3 2 からはマッティングオイルが導入され、導入されたマッティングオイルは、金属基盤 3 6 内に配置されたレーザファイバ 3 1 を満たしながら流動し、マッティングオイル排出部 3 4 から排出される。

#### 【0 0 5 3】

励起光はレンズダクト 3 3 a、3 3 b に導入され、レンズダクト 3 3 a、3 3 b に導入された励起光は金属基盤 3 6 内のレーザファイバ 3 1 に導入される。励起光を導入されたレーザファイバ 3 1 は、レーザ光を発生させ、発生したレーザ光はレーザファイバ 3 1 の両端に伝わり、反射ミラー 3 5 が設置されていない端面に達したレーザ光はそこから取り出され、反射ミラー 3 5 が配置されている側に達したレーザ光は、そこで反射され、反射ミラー 3 5 が設置されていない端面から取り出される。

#### 【0 0 5 4】

##### 【実施例 4】

第 4 の実施の形態において、コア径  $50\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.2 の石英系ガラスファイバのコア内部に 0.4 at % の Nd<sup>3+</sup> イオンをドープした全長  $500 \times 25\ \text{mm}$  の一つながりのレーザファイバを折り返しながら平板状に密に配置した。基盤には鏡面の金表面を有する平板に厚さ  $0.01\ \mu\text{m}$  の透明フッ素樹脂皮膜を均質に付けたものを用い、基盤に平面状に並べられたレーザファイバの列の両端部分には、そのレーザファイバと平行に透明フッ素樹脂の被覆を薄く付けた  $200\ \mu\text{m}$  の純金線を配置した。

**【 0 0 5 5 】**

そして、基盤に並べられたレーザファイバ上部に、レンズダクトに励起光を導入するための窓を有する鏡面金めっき表面に 0. 0 1 m m の透明弗素樹脂を塗布した金属板をかぶせた。

**【 0 0 5 6 】**

ここで、レーザファイバの両端部分に配置された純金線によって両端部分の機密性が高められるため、強い圧力でマッティングオイルの流動が可能となる。

マッティングオイル導入部から 0. 1 リットル／分の割合で屈折率 1. 4 5 8 のマッティングオイルを流し、発振波長 0. 8  $\mu$  m のレーザダイオードからの励起光を配置されたレンズダクトを通して合計で 2. 8 k W 投入した。レーザファイバの片端面は反射率 9 9 % のミラーに押し付け、もう一端面は破断面のままとした。結果、1. 2 k W の波長 1. 0 6  $\mu$  m 帯のレーザ発振を確認できた。

**【 0 0 5 7 】**

次に、図 6 を使用して第 5 の実施の形態を説明する。

図 6 は、第 5 の実施の形態におけるレーザ発生装置 4 0 の構造図である。

レーザ発生装置 4 0 は、内面を金メッキ処理され、さらにその表面を透明フッ素樹脂加工された金属基盤 4 3、1 つながりのレーザファイバ 4 1、金線 4 8 a、4 8 b、反射ミラー 4 2、隔壁 4 6、レンズダクト 4 4 a、4 4 b、マッティングオイル導入部 4 5 及びマッティングオイル排出部 4 7 により構成されている。

**【 0 0 5 8 】**

金属基盤 4 3 内部には金線 4 8 a、4 8 b が円形に配置され、それらの円はその中心を共通とし、金線 4 8 a が形作る円の半径は金線 4 8 b が形作る円の半径より大きいものとする。

**【 0 0 5 9 】**

レーザファイバ 4 1 は、その一端を金線 4 8 b が形作る円内部に配置し、そこから金線 4 8 b が形作る円の外周に密着して一回巻き付けられ、次に、巻き付けられたレーザファイバ 4 1 の外周に沿って環状平面状に巻き付けていく。環状平面状に巻き付けられたレーザファイバ 4 1 の最外周は、金線 4 8 a が形作る円の内周に密着させて配置され、レーザファイバ 4 1 最外周側に位置する端面は金属

基盤 4 3 外部に配置される。また、金線 4 8 b が形作る円内部に配置されたレーザファイバ 4 1 の端面には、反射ミラー 4 2 が取り付けられる。

#### 【0 0 6 0】

金線 4 8 a が形作る円と金線 4 8 b が形作る円で囲まれた環状平面領域は、金線 4 8 a が形作る円と金線 4 8 b が形作る円を短絡するように設けられた 1 つの隔壁 4 6 によってその領域を分岐されており、その分岐された一方の領域の隔壁 4 6 付近にマッシングオイル導入部 4 5 の先端部分が取り付けられ、分岐されたもう一方の領域の隔壁 4 6 付近にマッシングオイル排出部 4 7 の先端部分が取り付けられる。また、隔壁 4 6 によって分岐された環状平面領域双方の隔壁 4 6 付近には、各領域に 1 つずつレンズダクト 4 4 a、4 4 b がレーザファイバ 4 1 上に配置される。そして、金線 4 8 a が形作る円と金線 4 8 b が形作る円で囲まれた環状平面領域は、内面に金メッキ処理が施され、さらにその金メッキの表面に透明フッ素樹脂加工を施した板によって閉じられる。

#### 【0 0 6 1】

マッシングオイル導入部 4 5 から導入されたマッシングオイルは、金線 4 8 a が形作る円と金線 4 8 b が形作る円で囲まれた環状平面領域を満たしながら流動し、マッシングオイル排出部 4 7 から排出される。

#### 【0 0 6 2】

励起光はレンズダクト 4 4 a、4 4 b に導入され、レンズダクト 4 4 a、4 4 b は励起光をレーザファイバ 4 1 に導入する。励起光を導入されたレーザファイバ 4 1 は、レーザ光を発生させ、発生したレーザ光はレーザファイバ 4 1 の両端に伝わり、反射ミラー 4 2 が設置されていない端面に達したレーザ光はそこから取り出され、反射ミラー 4 2 が配置されている側に達したレーザ光は、そこで反射され、反射ミラー 3 5 が設置されていない端面から取り出される。

#### 【0 0 6 3】

#### 【実施例 5】

第 5 の実施の形態において、コア径  $50\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.2 の石英系ガラスファイバでコア内部に 0.4 at % の Nd<sup>3+</sup> イオンをドープした一つながりのレーザファイバをおよそ  $200\ \text{mm}\ \phi$  の環状平板状に密に

並べた（一層）。基盤には鏡面の金の表面を有する平板に厚さ  $0.01\ \mu\text{m}$  の透明弗素樹脂皮膜を均質に付けたものを用いた。環状平板状に並べたレーザファイバの最内周の内側、及び最外周の外側には透明弗素樹脂の被覆を薄く付けた  $200\ \mu\text{m}\ \phi$  の純金線を円形に配置した。内側の金線の端面とレーザファイバ端面は垂直面同士を押し付けることにより完全に密着させ、反射率  $98\%$  のミラーにもなるようにした。レーザファイバ上部にはレンズダクト及びマッチングオイルの導入、流出口を一個所づつ配置するための窓を設けた平板をかぶせた。この平板は、金属板に鏡面金メッキ処理を施し、さらにその表面に  $0.01\ \text{mm}$  の透明弗素樹脂を塗布したものとした。レンズダクトの裏側にはマッチングオイルの導入口及びマッチングオイルの流出口を設けた。マッチングオイル導入部から  $0.1$  リットル／分の割合で屈折率  $1.458$  のマッチングオイルを流し、発振波長  $0.8\ \mu\text{m}$  のレーザダイオードからの励起光を配置されたレンズダクトを通して合計で  $400\ \text{W}$  投入した。レーザ光の取り出し端面は破断面のままとした。結果、 $70\ \text{W}$  の波長  $1.06\ \mu\text{m}$  帯のレーザ発振を確認できた。

#### 【0064】

次に、図 7 を用いて第 6 の実施の形態を説明する。

図 7 は第 6 の実施の形態におけるレーザ光発生装置 50 の構成図である。

レーザ光発生装置 50 は、1 つながりのレーザファイバ 51、レーザファイバ 51 を巻き付ける巻き付けドラム 52、励起光導入用ファイバ 53、マッチングオイル導入部 54、マッチングオイル排出部 55、反射ミラー 56、バンドル部 57、O リング 58、隔壁 59、内面を金メッキ処理され、さらにその表面を透明フッ素樹脂加工された金属治具 60 によって構成されている。

#### 【0065】

レーザファイバ 51 は、複数箇所では折り返されバンドル部 57 に束ねられる。レーザファイバ 51 の折り返し部分は、バンドル部の両端に位置する巻き付けドラム 52 に巻き付けられ固定される。レーザファイバ 51 の一方の端面には反射ミラー 56 が設置され、もう一方の端面は破断面のまま配置される。

#### 【0066】

バンドル部 57 のレーザファイバ 51 の長手方向における両端部分には複数の

励起光導入用ファイバ 5 3 の先端が配置され、バンドル部 5 7 内への励起光の導入を行う。

#### 【0 0 6 7】

バンドル部 5 7 の長手方向の中央部分には、バンドル部 5 7 を挟み込むように隔壁 5 9 が取り付けられ、隔壁 5 9 の外側には O リング 5 8 が取り付けられる。

#### 【0 0 6 8】

そして、このように配置されたレーザファイバ 5 1、巻き付けドラム 5 2、励起光導入用ファイバ 5 3、バンドル部 5 7、隔壁 5 9、O リング 5 8 は、箱状の金属治具 6 0 内部に納められ、さらにその上部を、内部を金メッキし、さらにその表面を透明フッ素樹脂で覆った板によりふさがれる。

#### 【0 0 6 9】

この際、レーザファイバ 5 1 の両端部分及び励起光導入用ファイバ 5 3 のバンドル部に接続されていない側の端面部分は、金属治具 6 0 の外部に配置される。

隔壁 5 9 は金属治具 6 0 内部を 2 つの領域に分割し、O リング 5 8 はその機密性を高める。隔壁 5 9 によって分割された一方の領域には、マッチングオイル導入部 5 4 が接続され、もう一方の領域にはマッチングオイル排出部 5 5 が取り付けられる。

#### 【0 0 7 0】

図 8 にバンドル部 5 7 の A - A 断面図を示す。

バンドル部 5 7 は、折り返されたレーザファイバ 5 1 が束ねられており、その束の隙間をマッチングオイル 6 1 が満たしている。レーザファイバ 5 1 は、ドーブコア 5 1 a 及び石英クラッド 5 1 b により構成されており、ドーブコア 5 1 a を中心とし石英クラッド 5 1 b を外周とする同軸構造を有する。

#### 【0 0 7 1】

バンドル部の外壁部分は、その内部を鏡面金メッキ処理された鏡面金メッキ金属治具 5 7 b 及び鏡面金メッキ金属治具 5 7 b の鏡面金メッキ処理部の表面を覆う透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a により構成されており、内部に取り込まれた励起光バンドル部内で反射させる構造となっている。

**【 0 0 7 2 】**

ここで、石英クラッド 5 1 b 及びマッチングオイル 6 1 は光の屈折率がほぼ等しいものとし、ドープコア 5 1 a の光の屈折率は、石英クラッド 5 1 b 及びマッチングオイル 6 1 よりも大きいものとする。また、透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a の光の屈折率は、石英クラッド 5 1 b、マッチングオイル 6 1 及びドープコア 5 1 a よりも小さいものとする。

**【 0 0 7 3 】**

図 9 に、図 7 における B 部の詳細図を示す。

B 部には、励起光導入用ファイバ 5 3 の先端が配置され、この励起光導入用ファイバ 5 3 の先端から励起光を照射することにより、レーザファイバ 5 1 に励起光を導入する。励起光導入用ファイバ 5 3 には、比較的太い径のもの、または市販の高出力レーザダイオードと結合の良い帯状のファイバを使用する。

**【 0 0 7 4 】**

図 9 において、 $\theta p$  は励起光導入用ファイバ 5 3 の全反射臨界角を示しており、励起光導入用ファイバ 5 3 から照射される励起光は、 $2 \times (90 - \theta p)$  の角度で広がりをもった光としてレーザファイバ 5 1 内に導入される。

**【 0 0 7 5 】**

$\theta b$  は、マッチングオイル 6 1 と透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a における全反射臨界角を示しており、この全反射臨界角  $\theta b$  以内の角度で透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a に達した励起光は、透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a で全反射され、透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a 内部に閉じこめられることとなる。

**【 0 0 7 6 】**

励起光の導入部である B 部は、励起光の導入の効率を図るため、レーザファイバ 5 1 及び透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a に広がりをもたせており、図 9 の場合、B 部におけるレーザファイバ 5 1 及び透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a は、バンドル部 5 7 の中心軸に対し、外部に  $\theta t$  の角度をもった広がりを有している。

**【 0 0 7 7 】**

ここで、励起光導入用ファイバ 5 3 からレーザファイバ 5 1 に導入されるすべての励起光は透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a で全反射されバンドル部 5 7 内に導

入されることが望ましいが、その為には励起光導入用ファイバ 5 3 から照射される励起光と透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a 表面からなる角度が、全反射臨界角  $\theta_b$  以下である必要がある。この励起光導入用ファイバ 5 3 から照射される励起光と透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a 表面からなる角度がもっとも大きくなるのは、励起光導入用ファイバ 5 3 から照射された励起光が、上記に述べたバンドル部 5 7 の中心軸に対し外部に  $\theta_t$  の角度の広がりをもった透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a に到達するときであり、その時の励起光導入用ファイバ 5 3 から照射される励起光と透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a 表面からなる角度は、 $(\theta_p + \theta_t)$  で表される。そのため、B 部のレーザファイバ 5 1 及び透明フッ素樹脂クラッド 5 7 a の広がり、B 部の外部への広がり角  $\theta_t$  が  $(\theta_p + \theta_t) < \theta_b$  を満たすように構成される。

#### 【0078】

次に、図 7 を用いてレーザ発生装置 5 0 の動作について説明する。

マッチングオイル導入部 5 4 から導入されたマッチングオイルは、隔壁 5 9 により分岐された一方の領域をみだし、その後バンドル部 5 7 内部を流動して隔壁 5 9 により分岐されたもう一方の領域に達する。その後、マッチングオイルはその領域を満たし、マッチングオイル排出部 5 5 から排出される。

#### 【0079】

励起光導入ファイバ 5 3 から導入された励起光は、バンドル部 5 7 内で反射を繰り返しながらレーザファイバ 5 1 のドープコア 5 1 a に達し、励起光が照射されたレーザファイバ 5 1 はレーザ光を発生する。発生したレーザ光はレーザファイバ 5 1 の両端に伝わり、反射ミラー 5 6 が設置されていない端面に達したレーザ光はそこから取り出され、反射ミラー 5 6 が配置されている側に達したレーザ光は、そこで反射され、反射ミラー 5 6 が設置されていない端面から取り出される。

#### 【0080】

##### 【実施例 6】

第 6 の実施の形態において、コア径  $80 \mu\text{m}$ 、クラッド径  $125 \mu\text{m}$ 、開口数 0.2 の石英系ガラスファイバのコア内部に 0.4 at % の Nd<sup>3+</sup> イオンをド



ープしたレーザファイバをバンドル部分長が 2 5 0 mm になるように折り返した。全長 2 3 0 m のファイバを用い、バンドルの折り返し数を 4 5 2 回とすることにより、ファイバー往復あたりの長さを 1 0 0 0 mm とした。バンドル部の両端面に断面形状 1 0 . 0 × 0 . 1 mm 矩形の励起光導入用ファイバ 5 本ずつ、合計 1 0 本を差し込み、中央に隔壁を取り付けた金属治具で囲い込んだ。金属治具は、真鍮をベースとし、その表面に鏡面純金メッキ処理を施し、さらにその表面を屈折率 1 . 3 4 の透明弗素樹脂で覆った。

#### 【 0 0 8 1 】

レーザファイバの励起光導入部分より外にはみ出した部分には屈折率 1 . 3 4 の透明弗素樹脂を塗布し、励起光導入用ファイバには屈折率 1 . 4 4 5 の透明紫外線硬化樹脂を塗布した。

#### 【 0 0 8 2 】

このように構成したレーザ本体を金属筐体中に収めた。この際、レーザ本体の隔壁により金属筐体の内部を 2 つの領域に区分することとした。一方の領域にはマッティングオイル導入部が設置され、もう一方の領域にはマッティングオイル排出部が設置される。そして、マッティングオイル導入部をオイル循環ポンプに接続して屈折率 1 . 4 5 8 の透明マッティングオイルを筐体内部に流し込み、圧力をかけてレーザバンドル部分を透過するようにマッティングオイルを循環させた。ここでの圧力は 3 k g / c m 2 とした。ファイバの取り出し部分はしっかりと樹脂で封止し、筐体内部から取り出し圧力がもれないようにした。レーザファイバの片端には波長 1 . 0 6  $\mu$  m の光を 9 9 % 反射するミラーを押し付け、もう一方の片端面は破断面のままとした。

#### 【 0 0 8 3 】

励起光導入用ファイバは、シリンドリカルレンズを介して発振波長約 0 . 8  $\mu$  m、最大出力 2 0 0 W の半導体レーザに結合され、励起光をバンドル部分に導入することとした。その結果波長 1 . 0 6  $\mu$  m 帯で出力 1 . 2 k W のレーザ発振を確認できた。この際、マッティングオイルの励起光レーザによるレーザ損傷は全く観察されなかった。

#### 【 0 0 8 4 】

次に、図 1 0 を用いて第 7 の実施の形態について説明する。

図 1 0 は、第 7 の実施の形態におけるレーザ発生装置 6 0 の構成図である。

レーザ発生装置 6 0 は、表面を金メッキ加工され、さらにその表面を透明フッ素樹脂で覆った金属基盤 6 7、1 つながりのレーザファイバ 6 1、マッチングオイル排出部 6 2、マッチングオイル導入部 6 3、反射ミラー 6 4、隔壁 6 5 a、6 5 b、励起光導入用ファイバ 6 6 a、6 6 b 及び金属治具 6 8 により構成されている。

#### 【0 0 8 5】

レーザファイバ 6 1 は複数箇所では折り返され、折り返しの束を形成する。

金属基盤 6 7 は、中心部分に終点を持たない渦巻き状のファイバ束ガイド溝 6 7 a を有しており、このファイバ束ガイド溝 6 7 a に沿ってレーザファイバ 6 1 の折り返しの束が配置される。ここで、レーザファイバ 6 1 の折り返し部分及び両端面は、ファイバ束ガイド溝 6 7 a の 2 箇所の出口部分より金属基盤 6 7 の外部に取り出されて配置される。そして、外部に取り出されたレーザファイバ 6 1 の 1 端面には反射ミラー 6 4 が取り付けられる。ファイバ束ガイド溝 6 7 a の 2 箇所の出口部分には励起光導入用ファイバ 6 6 a、6 6 b の先端部分が取り付けられ、ここから励起光の導入を行う。

#### 【0 0 8 6】

このようにレーザファイバ 6 1 及び励起光導入用ファイバ 6 6 a、6 6 b が配置された金属基盤 6 7 は金属治具 6 8 内部に納められる。この際レーザファイバ 6 1 及び励起光導入用ファイバ 6 6 a、6 6 b の金属基盤 6 7 に接続されていない端面は、金属治具 6 8 の外部に配置される。また、この際、2 つの隔壁 6 5 a、6 5 b が金属治具 6 8 の内壁と金属基盤 6 7 に接するように取り付けられ、これにより、金属治具 6 8 内壁と金属基盤 6 7 外部で囲まれる空間を 2 つの領域に分割する。分割された 2 つの領域の一方側にはマッチングオイル導入部 6 3 が取り付けられ、もう一方側にはマッチングオイル排出部 6 2 が取り付けられる。

#### 【0 0 8 7】

マッチングオイル導入部 6 3 から金属治具 6 8 内部に導入されたマッチングオイルは、隔壁 6 5 a、6 5 b により分岐された金属治具 6 8 内壁と金属基盤 6 7

外部で囲まれる空間の一方の領域をみたし、その後金属基盤 6 7 内部を流動して隔壁 6 5 a、6 5 b により分岐されたもう一方の領域に達する。その後、マッチングオイルはその領域を満たし、マッチングオイル排出部 6 2 から排出される。

#### 【0 0 8 8】

励起光導入ファイバ 6 6 a、6 6 b から導入された励起光は、金属基盤 6 7 内で反射を繰り返しながらレーザファイバ 6 1 に達し、励起光が照射されたレーザファイバ 6 1 はレーザ光を発生する。発生したレーザ光はレーザファイバ 6 1 の両端に伝わり、反射ミラー 6 4 が設置されていない端面に達したレーザ光はそこから取り出され、反射ミラー 6 4 が配置されている側に達したレーザ光は、そこで反射され、反射ミラー 6 4 が設置されていない端面から取り出される。

#### 【0 0 8 9】

なお、本形態では本構成をレーザ光発生装置として用いることとしたが、本構成から反射ミラー 6 4 を除く構成とすることで光信号増幅器として使用することも可能である。

#### 【0 0 9 0】

##### 【実施例 7】

第 7 の実施の形態における光信号増幅器としての実施例について説明する。

第 7 の実施の形態において、コア径  $7\ \mu\text{m}$ 、クラッド径  $60\ \mu\text{m}$ 、開口数 0.11 の石英系ガラスファイバでコア内部に 0.4 at % の Nd<sup>3+</sup> イオンをドーピングしたレーザファイバをバンドル部分長が 2.0 m になるように折り返した。全長 610 m のファイバを使用し、バンドルの折り返し数を 240 回とすることにより、ファイバー往復あたりの長さを 2.5 m とした。バンドル部の両端面に断面形状  $10.0 \times 0.1\ \text{mm}$  矩形の励起光導入用ファイバ 2 本ずつ、合計 4 本を差し込み、 $1 \times 1\ \text{mm}$  の矩形断面状をもち、終端が中心に無い渦巻状形状に溝の掘ってある金属治具の渦巻状形状に沿って配置した。ここで、金属治具は真鍮をベースにしており、その表面に鏡面純金メッキ処理を施し、さらにその表面は、屈折率 1.34 の透明弗素樹脂により覆われている。

#### 【0 0 9 1】

レーザファイバの励起光導入部分より外にはみ出した部分には屈折率 1.34

の透明弗素樹脂、励起光導入用ファイバには屈折率 1. 4 4 5 の透明紫外線硬化樹脂を塗布した。

#### 【0 0 9 2】

そして、金属治具内に屈折率 1. 4 5 8 のマッチングオイルを流速 0. 1 リットル／分で流し、レーザファイバの片端には波長 1. 0 6 4  $\mu$  m の信号光源を結合させ - 1 0 d B m の信号光を入射させた。励起光導入用ファイバは、シリンドリカルレンズを介して発振波長約 0. 8  $\mu$  m、最大出力 2 0 0 W の半導体レーザに接続され、励起光をバンドル部分に導入することとした。その結果、波長 1. 0 6 4  $\mu$  m で出力 5 5 d B m の増幅した信号光を確認できた。この光ファイバ増幅器は宇宙空間にて人工衛星間の光通信を行なう目的で使用される。

#### 【0 0 9 3】

なお、以上の説明において、レーザファイバの断面形状を円形及び四角形として説明したが、その他の形状のレーザファイバを使用してもよく、効率の上では、矩形ないし D 型、樽型のほうが好ましい。

#### 【0 0 9 4】

また、以上の実施の形態では、それぞれの構成をレーザ光発生装置として説明したが、各構成において反射ミラーを取り除くことにより、光信号増幅器として使用することもできる。

#### 【0 0 9 5】

##### 【発明の効果】

本発明のレーザ光発生装置は、励起光反射部に石英系光ファイバの外周部と略屈折率が等しい流動性媒質と十分長い光ファイバとを収納することとしたので、製造が容易で、効率のよいレーザ光発生装置を実現できる。

#### 【0 0 9 6】

また、流動性媒質を流動させることとしたので、発熱などによる流動性媒質の劣化を抑えることができ、耐光パワー性が高いレーザ光発生装置を実現できる。

本発明の光信号増幅器は、励起光反射部に石英系光ファイバの外周部と略屈折率が等しい流動性媒質と十分長い光ファイバとを収納することとしたので、製造が容易で、効率のよい光信号増幅器を実現できる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

第 1 の実施の形態におけるレーザ発生装置の構成図である。

**【図 2】**

ファイバ収納ボックス 4 内部の様子を表した拡大断面図である。

**【図 3】**

第 2 の実施の形態におけるレーザ光発生装置の構成図である。

**【図 4】**

第 3 の実施の形態におけるレーザ光発生装置の構成図である。

**【図 5】**

第 4 の実施の形態におけるレーザ光発生装置の構成図である。

**【図 6】**

第 5 の実施の形態におけるレーザ発生装置の構造図である。

**【図 7】**

第 6 の実施の形態におけるレーザ光発生装置の構成図である。

**【図 8】**

バンドル部の A - A 断面図を示す。

**【図 9】**

図 7 における B 部の詳細図を示す。

**【図 1 0】**

第 7 の実施の形態におけるレーザ発生装置の構成図である。

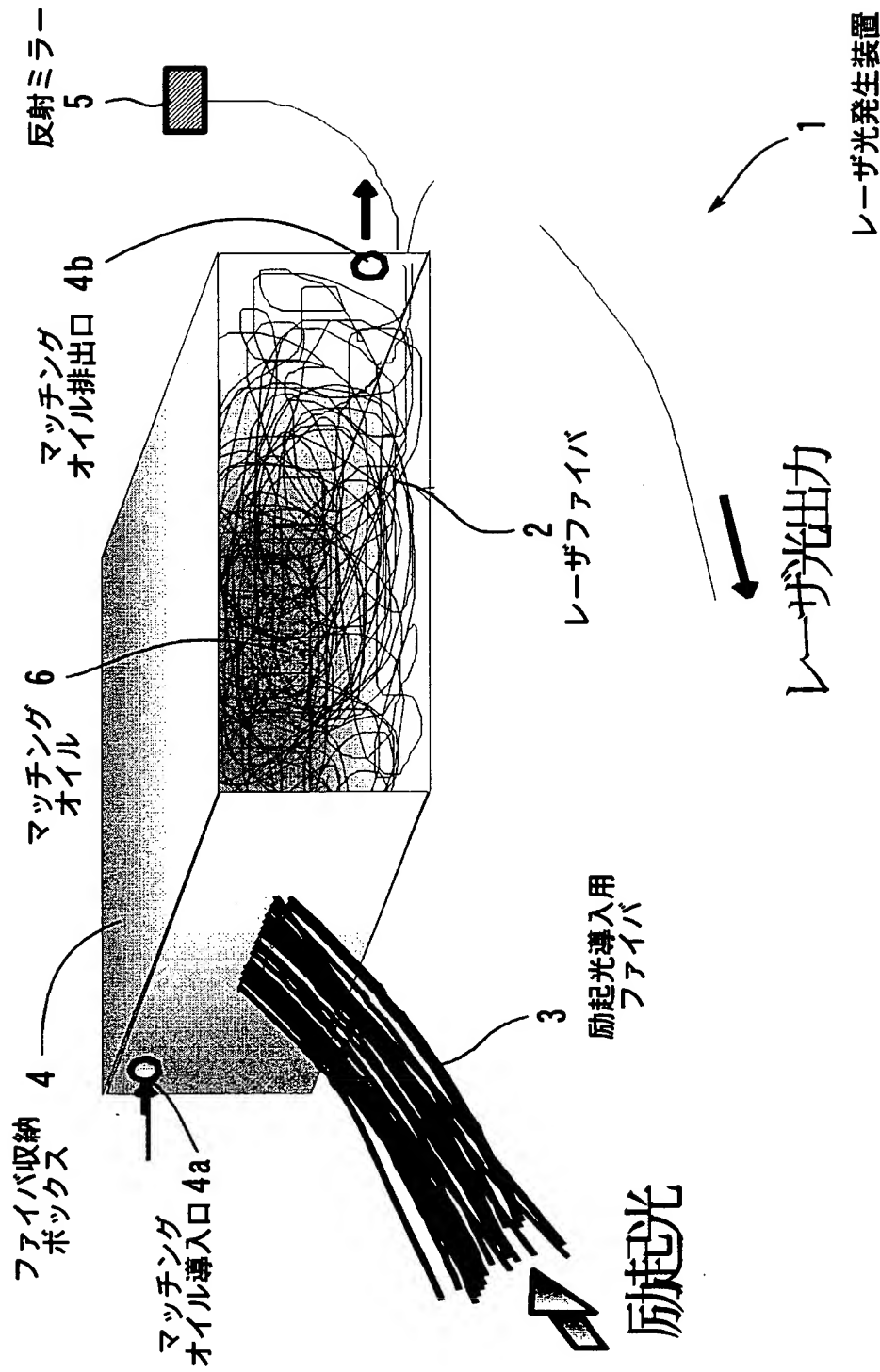
**【符号の説明】**

- 1 レーザ光発生装置
- 2 レーザファイバ
- 3 励起光導入用ファイバ
- 4 ファイバ収納ボックス
- 4 a マッチングオイル導入口
- 4 b マッチングオイル排出口
- 5 反射ミラー

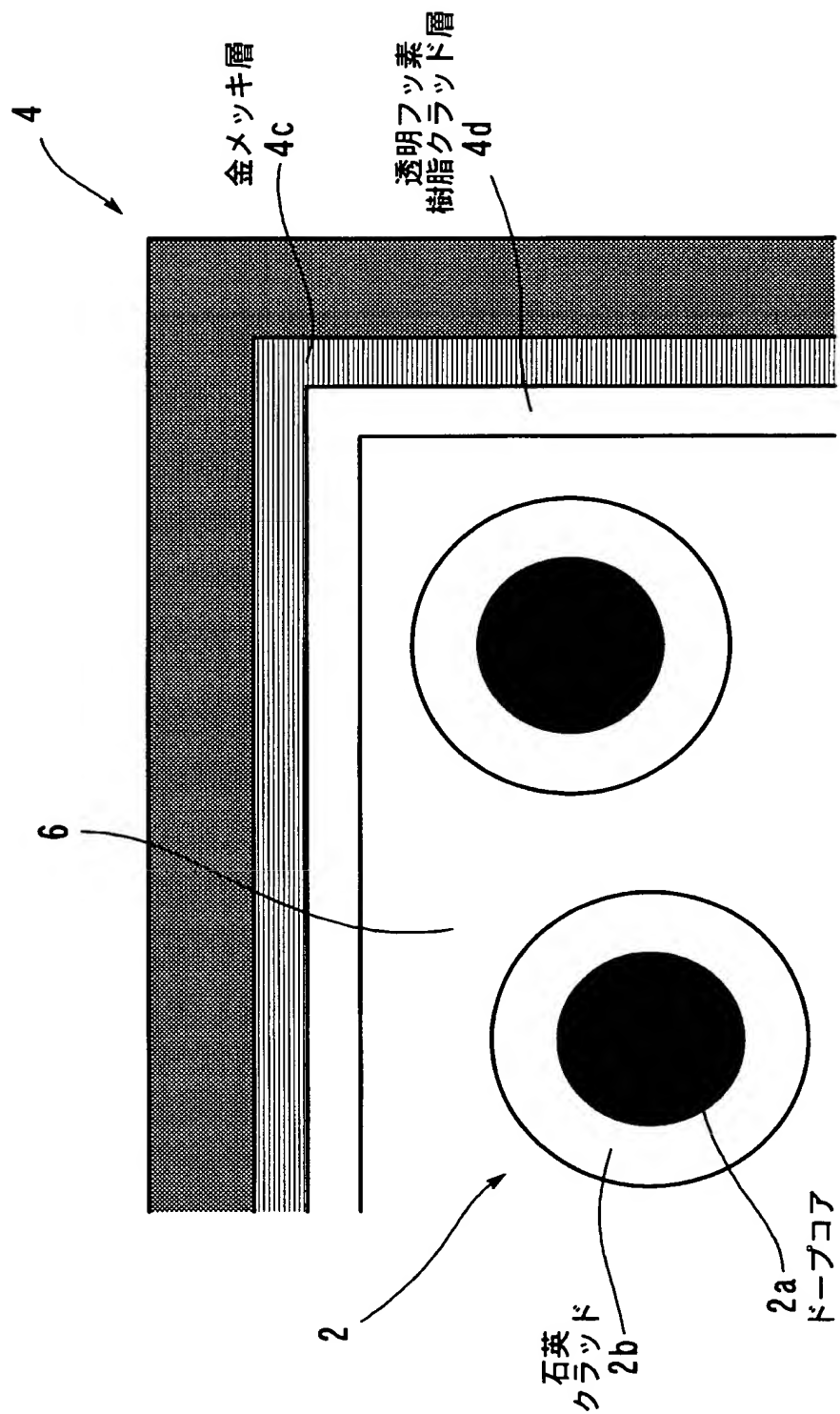
6 マッチングオイル

【書類名】 図面

【図 1】

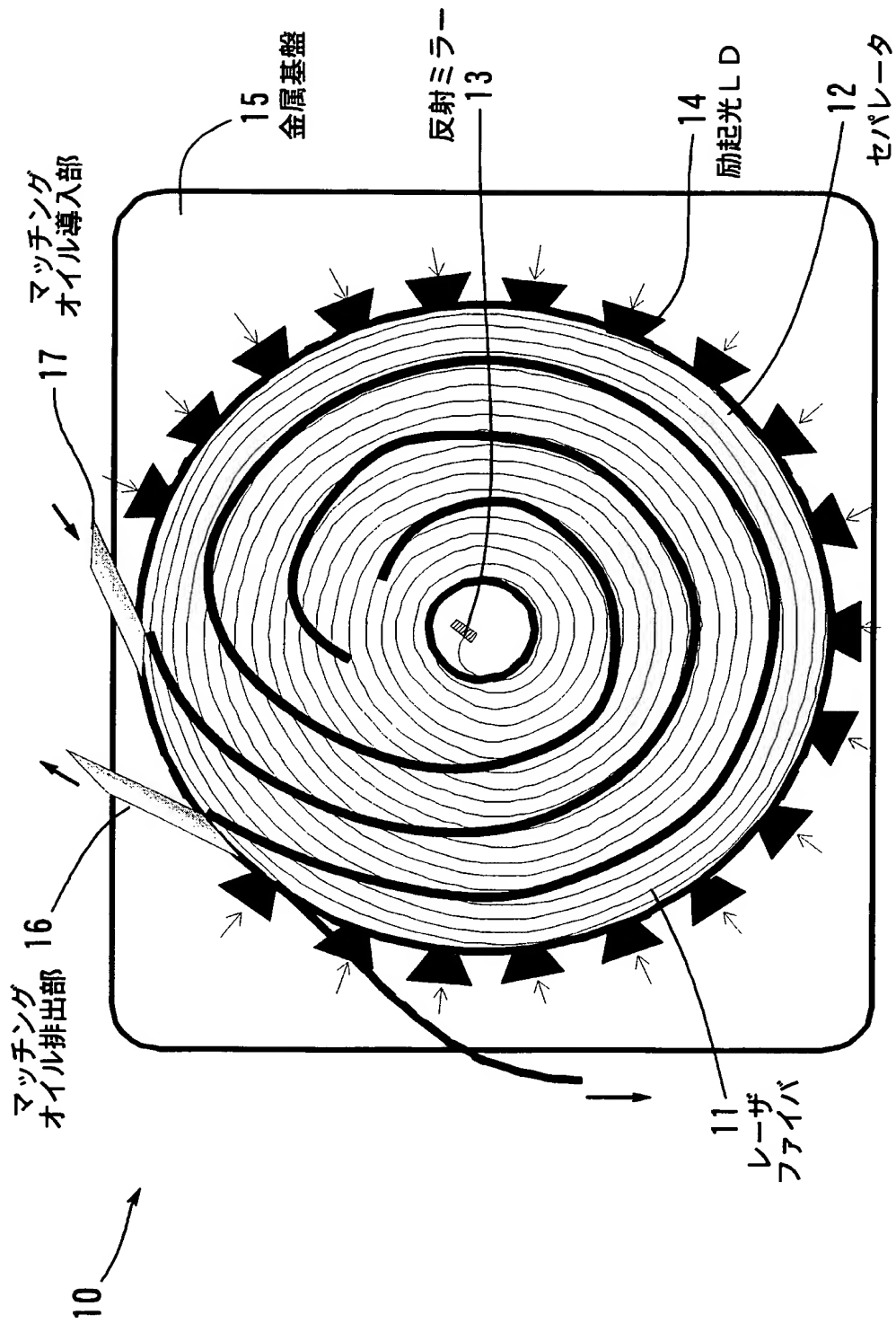


【図 2】

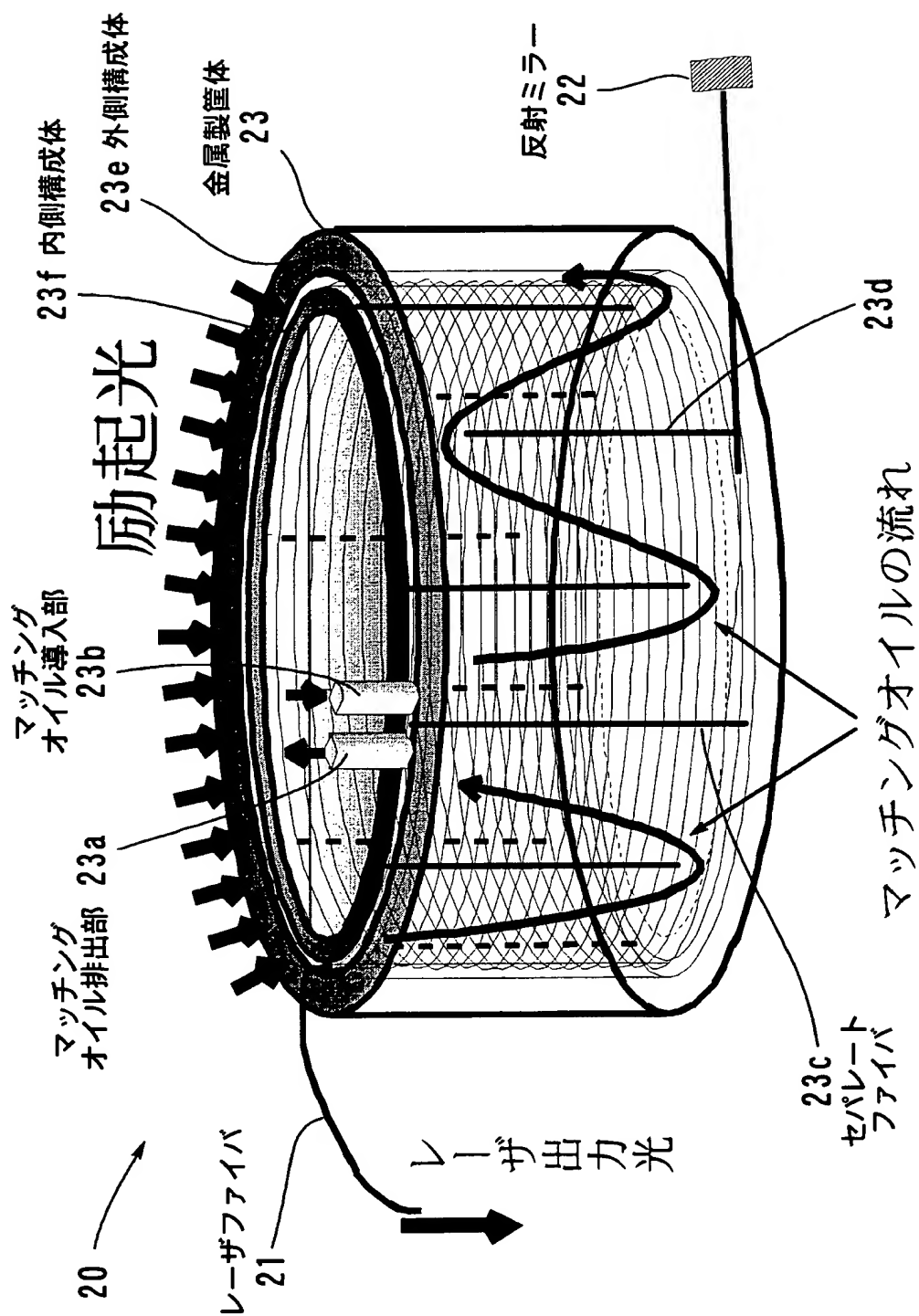




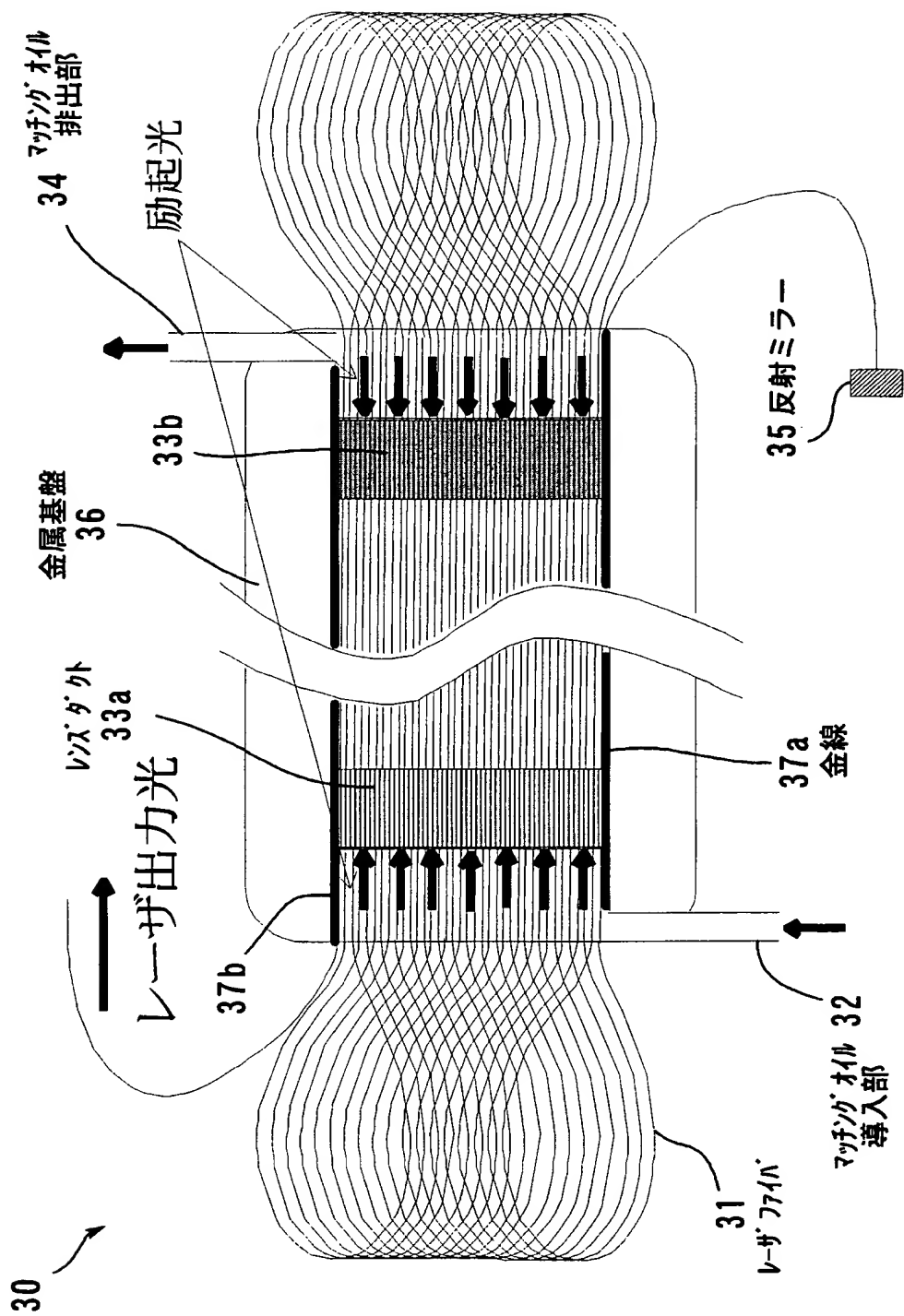
【図 3】



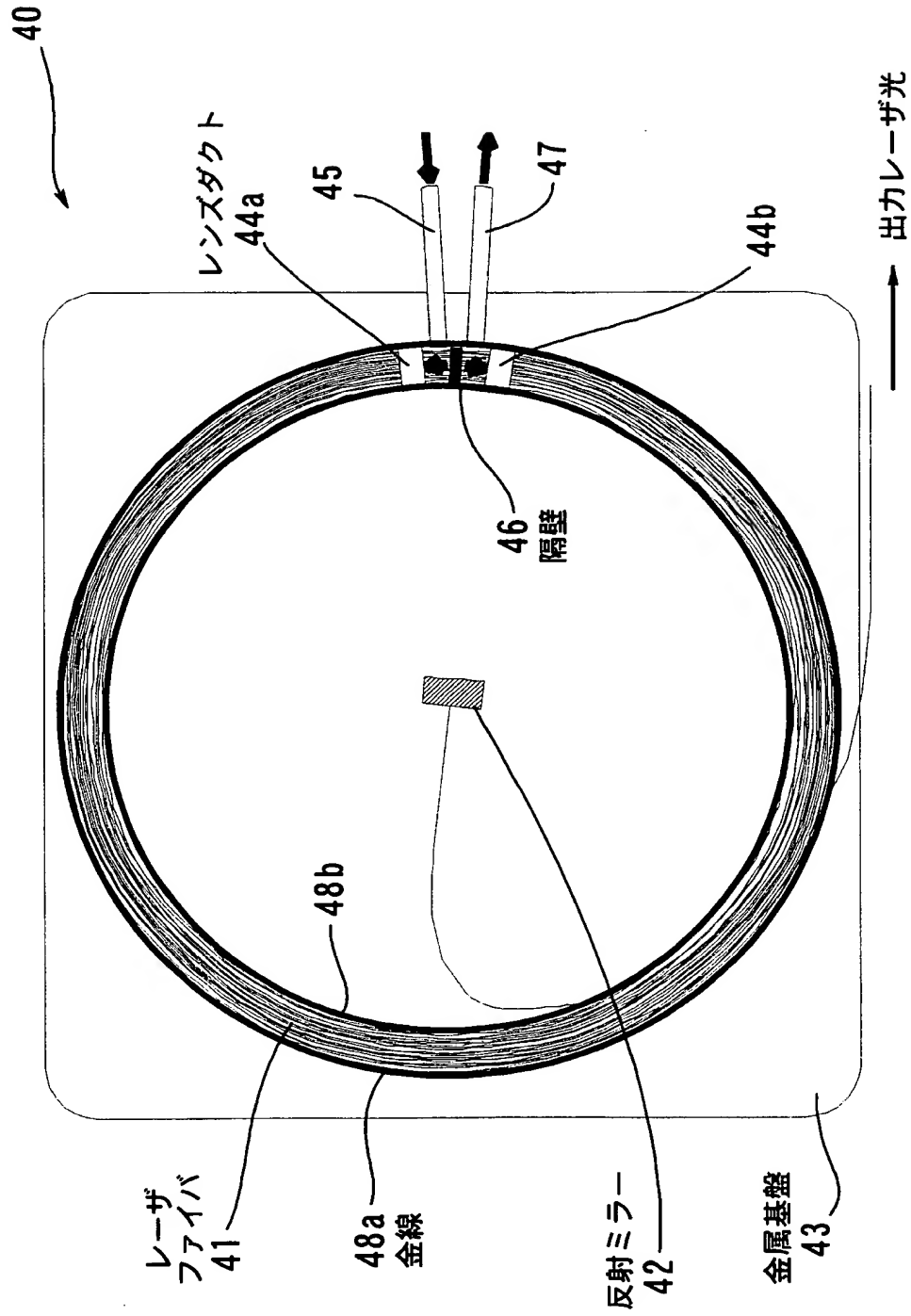
【図 4】



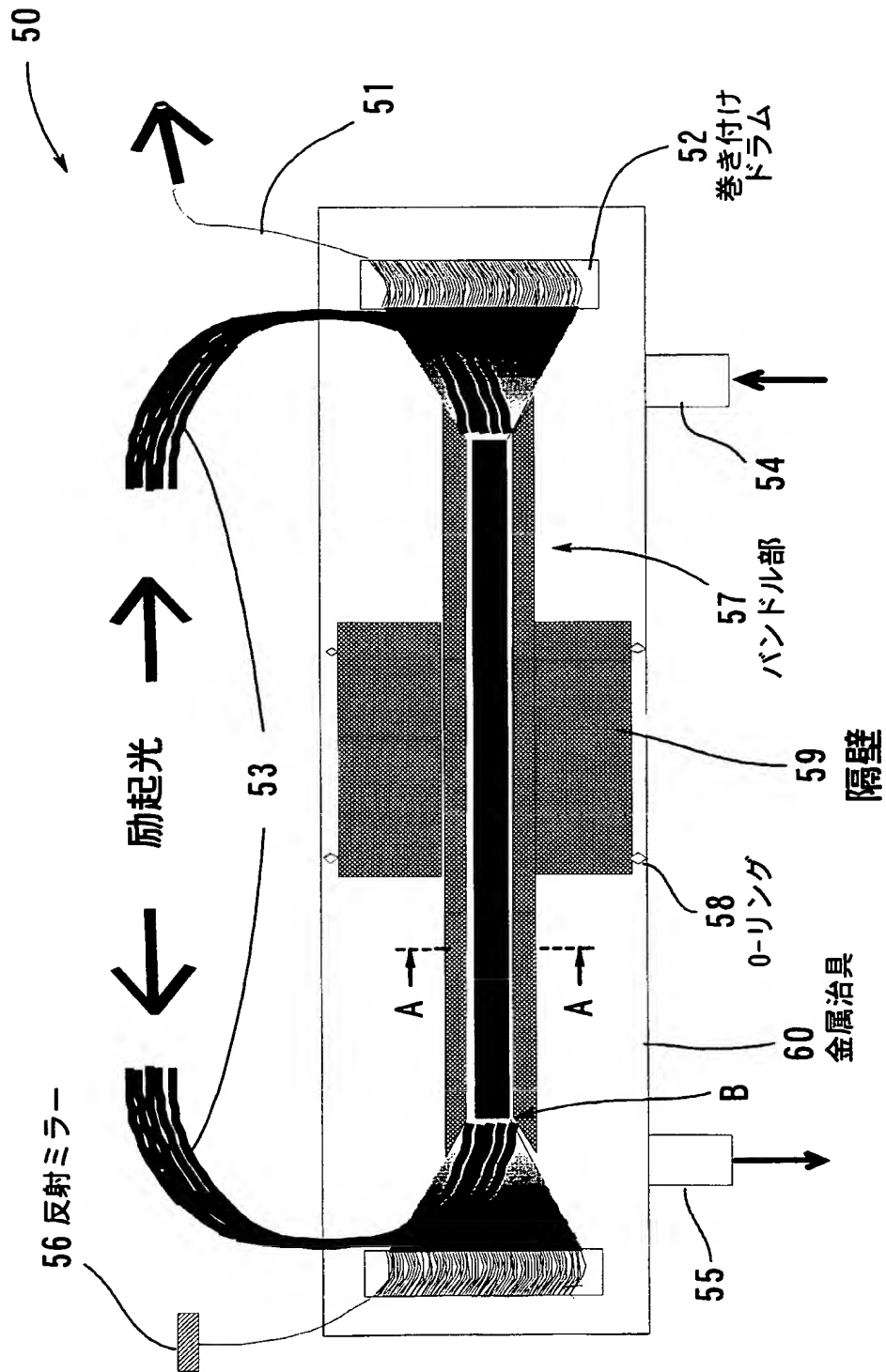
【図 5】



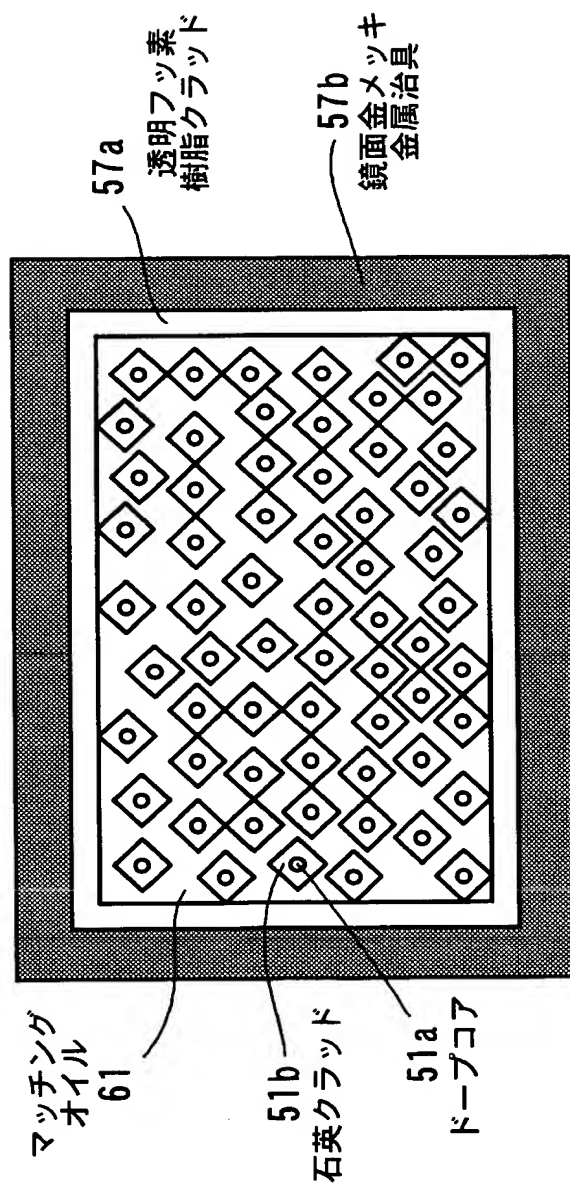
【図 6】



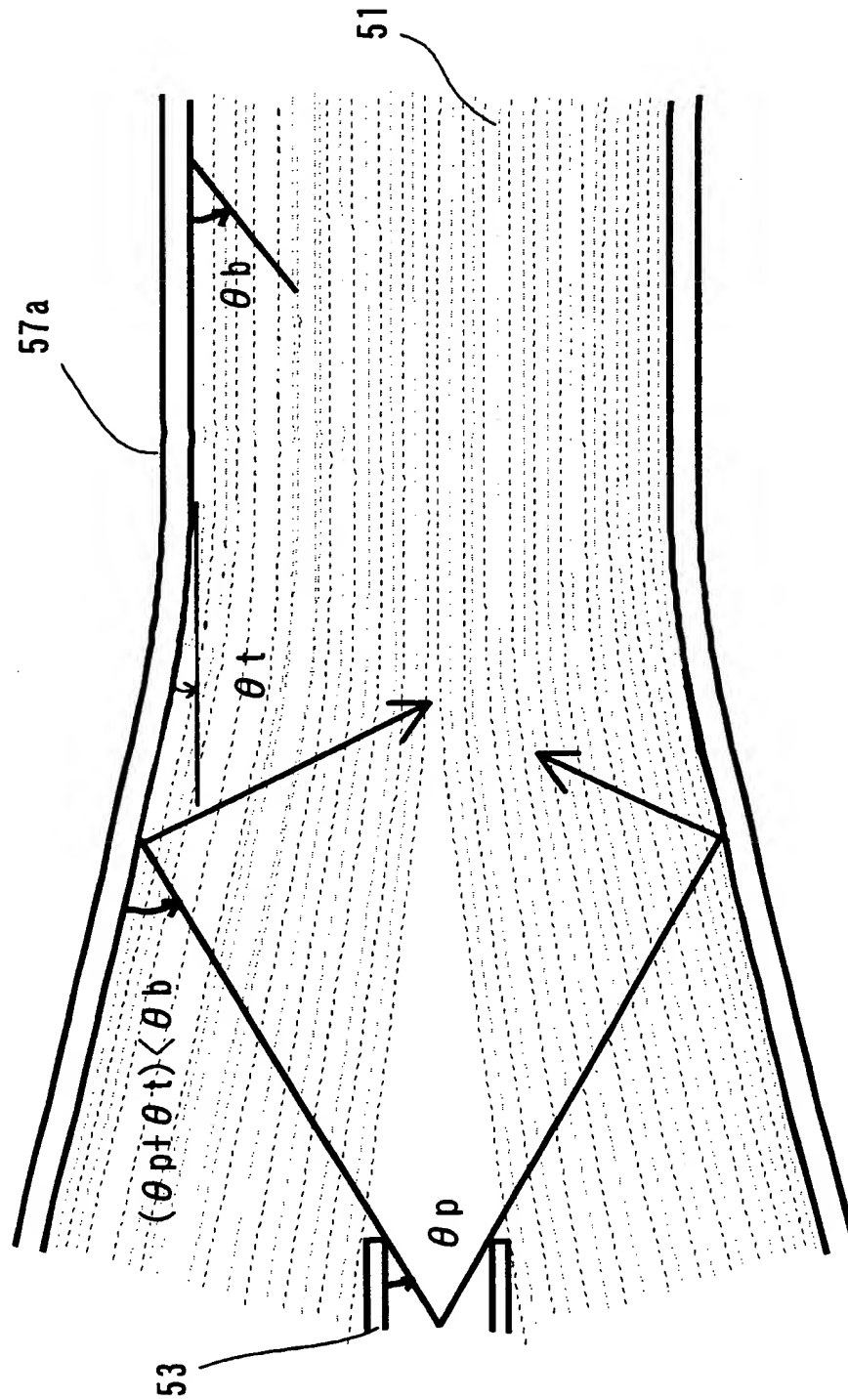
【図 7】



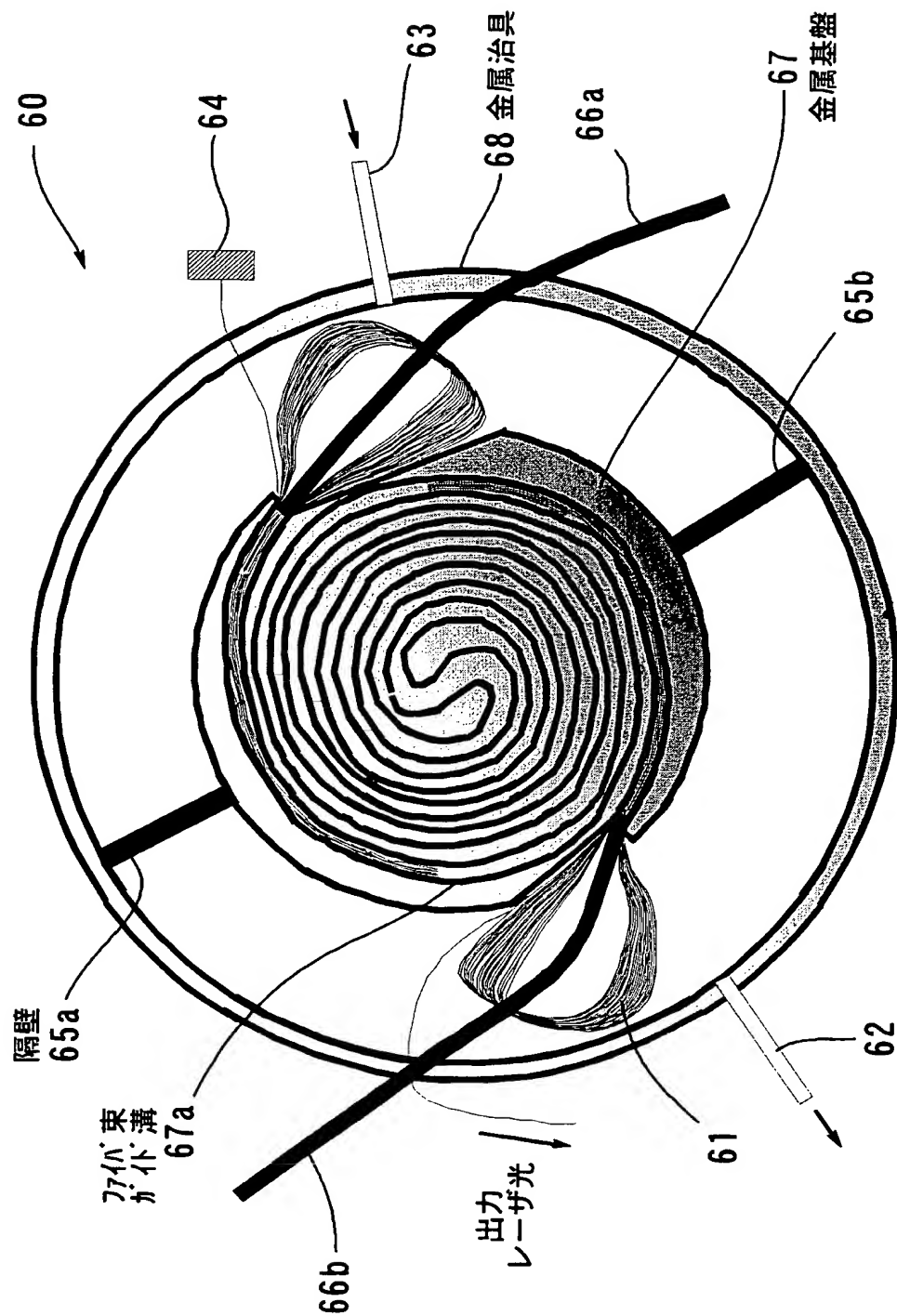
【図 8】



【図 9】



【図 10】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造が容易なレーザ光発生装置及び光信号増幅器において高い耐光パワー性を実現する。

【解決手段】 ファイバ収納ボックス 4 内にレーザファイバ 2 を収納し、それをマッチングオイル 6 で満たし、マッチングオイル 6 をファイバ収納ボックス 4 内に流動させながらファイバ収納ボックス 4 内部に励起光を導入し、導入された励起光はファイバ収納ボックス 4 内部で反射を繰り返しながら、レーザファイバ 2 のドープコア 2 a を励起し、レーザ光を発生させる。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届  
【提出日】 平成16年 2月23日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
    【出願番号】 平成11年特許願第 71677号  
【承継人】  
    【識別番号】 000236436  
    【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社  
【承継人代理人】  
    【識別番号】 100088155  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 014708  
    【納付金額】 4,200円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 承継人であることを証明する書面 1  
    【援用の表示】 平成 1 6 年 2 月 2 3 日付け提出の、平成 9 年特許願第 1 7 3 4 1  
                    0 号に添付のものを援用致します。  
    【物件名】 委任状 1  
    【援用の表示】 平成 1 6 年 2 月 2 3 日付け提出の、平成 8 年特許願第 2 9 0 1 7  
                    3 号出願人名義変更届に添付のものを援用致します。

## 認定・付加情報

特許出願の番号	平成 1 1 年 特許願 第 0 7 1 6 7 7 号
受付番号	5 0 4 0 0 2 8 8 6 5 7
書類名	出願人名義変更届
担当官	滝澤 茂世 7 2 9 9
作成日	平成 1 6 年 4 月 9 日

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

## 【承継人】

【識別番号】	000236436
【住所又は居所】	静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1
【氏名又は名称】	浜松ホトニクス株式会社

## 【承継人代理人】

申請人	
【識別番号】	100088155
【住所又は居所】	東京都中央区銀座一丁目 1 0 番 6 号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所
【氏名又は名称】	長谷川 芳樹

特願平 1 1 - 0 7 1 6 7 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 1 1 3 2 6 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 6 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号  
氏 名 ホーヤ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 2 年 1 2 月 1 0 日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号  
氏 名 H O Y A 株式会社

特願平 1 1 - 0 7 1 6 7 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 3 6 4 3 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名

浜松ホトニクス株式会社